

Synthèses

Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires



G. Faure, Y. Chiffolleau, F. Goulet, L. Temple, J.-M. Touzard
Postface : G. Giraud



éditions
Quæ

Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires

Guy Faure, Yuna Chiffoleau, Frédéric Goulet,
Ludovic Temple et Jean-Marc Touzard

Éditions Quæ

Collection Synthèses

Architecture des plantes et production végétale

Les apports de la modélisation mathématique

P. de Reffye, M. Jaeger, coordinateurs, D. Barthélémy, F. Houllier

2018, 360 pages

Les sols et la vie souterraine

Des enjeux majeurs en agroécologie

J.-F. Briat, D. Job

2017, 328 pages

Transformations agricoles et agroalimentaires

Entre écologie et capitalisme

G. Allaire, B. Daviron

2017, 432 pages

Architecture et croissance des plantes

Modélisation et applications

P. De Reffye, M. Jaeger, D. Barthélémy, F. Houllier

2016, E-pub

La Loire fluviale et estuarienne

Un milieu en évolution

F. Moatar, N. Dupont

2016, 320 pages

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2018

ISBN : 978-2-7592-2813-3

ISSN : 1777-4624

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Chapitre 16

Des outils de simulation pour comprendre, évaluer et renforcer l'innovation dans les exploitations agricoles

ÉRIC PENOT, NADINE ANDRIEU, NATHALIE CIALDELLA
ET PHILIPPE PEDELAHORE

Résumé. L'évaluation de systèmes de production agricole à l'aide d'outils informatisés permet d'analyser, de concevoir et d'accompagner l'innovation à l'échelle des exploitations agricoles. Nous présentons deux expériences d'utilisation d'outils informatiques en Afrique : Olympe, à Madagascar, et Cikeda, au Burkina Faso. Olympe a permis de relativiser l'impact *ex post* de l'adoption d'une innovation comme l'agriculture de conservation, sur les revenus de l'exploitation agricole. Il a également permis d'évaluer *ex ante* son intérêt à moyen et long termes sur la stabilité des revenus. Cikeda a permis d'analyser *ex post* les performances des exploitations existantes et *ex ante* de nouvelles modalités d'intégration de l'agriculture et de l'élevage dans une démarche d'accompagnement de ces innovations auprès de paysans. Destinés à répondre à une question spécifique, ces outils sont amenés à disparaître mais peuvent présenter un intérêt pour des organisations de conseil, qu'il conviendrait d'impliquer davantage dans les travaux.

L'évaluation de systèmes de production agricole permet d'étudier les tensions ou les synergies entre leurs différentes fonctions (production, revenu, sécurité alimentaire, emploi, préservation des paysages ou de la biodiversité) et de comparer des systèmes existants au regard des dimensions complexes de la durabilité (van Ittersum *et al.*, 2008). Cette évaluation peut aussi être utile pour identifier les déterminants à l'origine de changements de pratiques techniques ou organisationnelles

(Cialdella *et al.*, 2009) ou pour mesurer les conséquences de ces changements, à court, moyen et long termes (Andrieu *et al.*, 2015). Les résultats de l'évaluation peuvent alors servir à guider les décisions des paysans, des conseillers agricoles ou des politiques souhaitant analyser les effets *ex post* ou *ex ante* de différentes options de changements dans la gestion du système de production ou de changements de l'environnement. L'évaluation, qu'elle soit *ex ante* ou *ex post*, est au cœur des démarches de co-conception de nouveaux systèmes de production, incluant l'élaboration d'un diagnostic partagé, l'expérimentation des nouveaux systèmes ou la mesure de leurs performances (Duru *et al.*, 2012; Le Gal *et al.*, 2011). Pour l'évaluation *ex ante*, il s'agit essentiellement de comparer des scénarios virtuels et d'identifier des pistes prometteuses, alors que pour l'évaluation *ex post*, il s'agit de tirer des leçons sur les performances de pratiques existantes. À la fois outil et démarche, l'évaluation peut donc être utilisée pour analyser, concevoir et accompagner l'innovation à l'échelle des exploitations agricoles.

Cette évaluation peut alors s'appuyer sur des approches qualitatives ou quantitatives utilisant des modèles mathématiques et/ou informatisés. Un courant de recherche s'est précisément mis en place autour de l'usage de modèles informatisés du fonctionnement de l'exploitation agricole, s'inspirant des cadres d'analyse des sciences de gestion, au départ orientés sur la comptabilité et l'analyse fiscale, et des cadres d'analyse des sciences économiques, en intégrant la gestion des ressources de l'exploitation et l'analyse de la formation des revenus (Penot, 2012). Ces outils informatisés, et en particulier les outils de simulation, permettent de conduire une analyse prenant en compte le temps (la campagne agricole, l'année, ou plusieurs années). Ils permettent aussi l'analyse prospective, à travers la création de scénarios, soit pour estimer des résultats attendus soit pour tester l'intérêt de certains changements¹.

En se centrant sur des changements techniques ou organisationnels spécifiques, à l'échelle de l'exploitation agricole, ces démarches se distinguent d'autres courants de simulation d'accompagnement. Parmi ces démarches, citons le *Companion modelling* (Barreteau *et al.*, 2003), dont l'objectif premier est la coordination d'acteurs autour de la gestion d'une ressource collective, ou commune, ou bien des approches de type Mesmis (*Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad*) (Lopez-Ridaura *et al.*, 2002), dont l'objectif est de définir, de manière partagée, les critères pertinents pour l'évaluation de la durabilité des activités agricoles d'une famille ou d'une communauté donnée.

Dans ce chapitre, nous voulons discuter de l'intérêt d'outils informatisés pour évaluer, en *ex post* et en *ex ante*, les innovations et les changements dans les exploitations agricoles, mais aussi pour accompagner les acteurs dans les processus d'innovation, en revenant sur deux expériences d'utilisation d'outils informatiques en Afrique. Le logiciel Olympe, qui permet une simulation budgétaire pas à pas, est utilisé avec des agriculteurs de la région du lac Alaotra, à Madagascar (Penot, 2012), et l'outil de simulation Cikeda, qui vise à évaluer l'intégration de l'agriculture à

1. Les outils de prospective sont divers; cela peut être la programmation linéaire, pour définir les optimums techniques, les méthodes centrées sur les règles décisionnelles, telles que MATA (*Multi-level analysis tool for agriculture*), DEXi (Decision EXpert for Education) ou MASC (*Multi-Attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems*), ou la simulation, avec ou sans processus de prise de décision.

l'élevage, est utilisé au Burkina Faso (Andrieu *et al.*, 2015, Sempore *et al.*, 2015). Les évaluations menées à Madagascar et au Burkina Faso grâce à ces outils s'inscrivent dans des dynamiques participatives d'accompagnement des acteurs qui innovent.

Dans les deux cas de figure, les producteurs sont impliqués dans la construction des modèles et dans la discussion des résultats issus des sorties informatiques, à travers des sessions de restitution en *focus group* (à Madagascar), ou à travers des échanges sur des bases individuelles (au Burkina Faso).

Nous présenterons et comparerons ces deux exemples, pour montrer l'intérêt et les limites de ce type d'outils quantitatifs de simulation pour évaluer des innovations techniques et organisationnelles à l'échelle de l'exploitation, puis nous proposerons des pistes méthodologiques pour élargir leur domaine de validité.

► Olympe : un outil pour des simulations budgétaires dans un réseau de fermes de référence à Madagascar

Contexte et problématique dans la région du lac Alaotra

La région du lac Alaotra, à Madagascar, est une zone densément peuplée, où surviennent des problèmes de maintien de la fertilité des terres, sur le long terme, dans les zones collinaires et les zones non irriguées. Les principales contraintes pesant sur les exploitations agricoles sont une érosion forte et une grande fragilité des sols, une forte variabilité des quantités de pluies et de la durée de la saison des pluies, un manque de capital impliquant un faible recours aux intrants agricoles, une faible mécanisation en agriculture pluviale, non irriguée, et des difficultés de commercialisation. Pour comprendre les stratégies des ménages agricoles, et ensuite mieux les accompagner vers une agriculture plus durable, il a été mis en place un suivi annuel d'un réseau de fermes de référence (ensemble d'exploitations agricoles représentatives des différentes situations agricoles et choisies à partir d'une typologie), afin de mesurer l'impact, sur les exploitations, d'un projet de développement (le projet BV-Lac ou Bassin-Versant-Lac) visant à promouvoir une agriculture de conservation.

L'objectif, à travers ce suivi annuel, est double :

- estimer l'impact de l'adoption des nouvelles techniques et pratiques agricoles proposées par le projet, sur les résultats des exploitations ;
- comparer les résultats obtenus avec d'autres scénarios potentiels.

L'outil de modélisation Olympe a été utilisé à cet effet.

Caractéristiques et objectifs de l'outil Olympe

Olympe, élaboré par des chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (IAMM) et du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), est un outil de modélisation et de simulation budgétaire du fonctionnement économique de l'exploitation agricole prenant en compte les

différentes activités et ressources de l'exploitation. Il offre la possibilité de réaliser une modélisation des systèmes d'exploitation, suffisamment détaillée pour permettre une analyse économique des performances en fonction des choix techniques, des types de productions et des modes de gestion de la main-d'œuvre. Olympe fournit des simulations de résultats économiques à l'échelle d'un système de culture ou d'élevage, ou d'un autre secteur de transformation des produits, ainsi qu'à l'échelle de l'exploitation, voire à celle d'un groupe d'exploitations. Outre les calculs de base automatisés (compte d'exploitation, bilan, trésorerie mensuelle, temps de travaux, calendrier de main d'œuvre, mouvement des entrées et des sorties des animaux), il est possible de créer des tableaux de sortie de données personnalisées, en choisissant le jeu de variables et en créant les indicateurs qui paraissent pertinents. L'outil intègre un module pour des présentations graphiques. Il permet de réaliser des analyses sur des séries de dix ans et de comparer des exploitations entre elles selon divers scénarios. Les données structurelles de base sur les exploitations sont obtenues par le biais d'enquêtes de caractérisation des exploitations agricoles. L'information collectée porte sur les systèmes de production et les itinéraires techniques adoptés, sur les sources de revenu, agricoles ou non agricoles, et sur les temps de travaux. Elle porte également sur les contraintes qui pèsent sur les exploitations agricoles et les stratégies paysannes et sur les opportunités qui leur sont offertes. La modélisation des exploitations à partir du réseau de fermes de référence s'est aussi appuyée sur l'existence d'une base de données à l'échelle de la parcelle, 3 000 parcelles ayant été suivies sur les dix années du projet BV-Lac.

Mode d'utilisation de l'outil Olympe

Le réseau de fermes de référence a été mis en place en 2008, constitué alors de 55 exploitations, puis réduit à 15 exploitations jugées représentatives, en 2011, pour effectuer une analyse prospective, centrée sur les attendus de l'adoption de l'agriculture de conservation, par le biais d'une exploration de différents scénarios possibles. Ce réseau a permis de mesurer l'impact potentiel, à l'échelle des systèmes de culture puis à celle de l'exploitation, de l'adoption des nouvelles pratiques proposées par le projet (systèmes de cultures en agriculture de conservation) (Penot *et al.*, 2015). Les acteurs concernés par ce dispositif ont été les paysans enquêtés, régulièrement invités à des sessions de restitution des résultats, les 60 techniciens et ingénieurs impliqués dans le projet (issus de la cellule du projet, de bureaux d'étude ou d'organisations non gouvernementales), chargés des activités d'expérimentation et de vulgarisation, et les chercheurs du Cirad et du Fofifa (Centre national de la recherche appliquée au développement rural, de Madagascar). Les restitutions, organisées en salle ou parfois dans des villages, permettent de discuter des résultats mais aussi d'améliorer la modélisation en tenant compte des observations des participants, et de définir de nouvelles simulations sur la base de leurs propositions.

Résultats produits grâce à l'outil Olympe

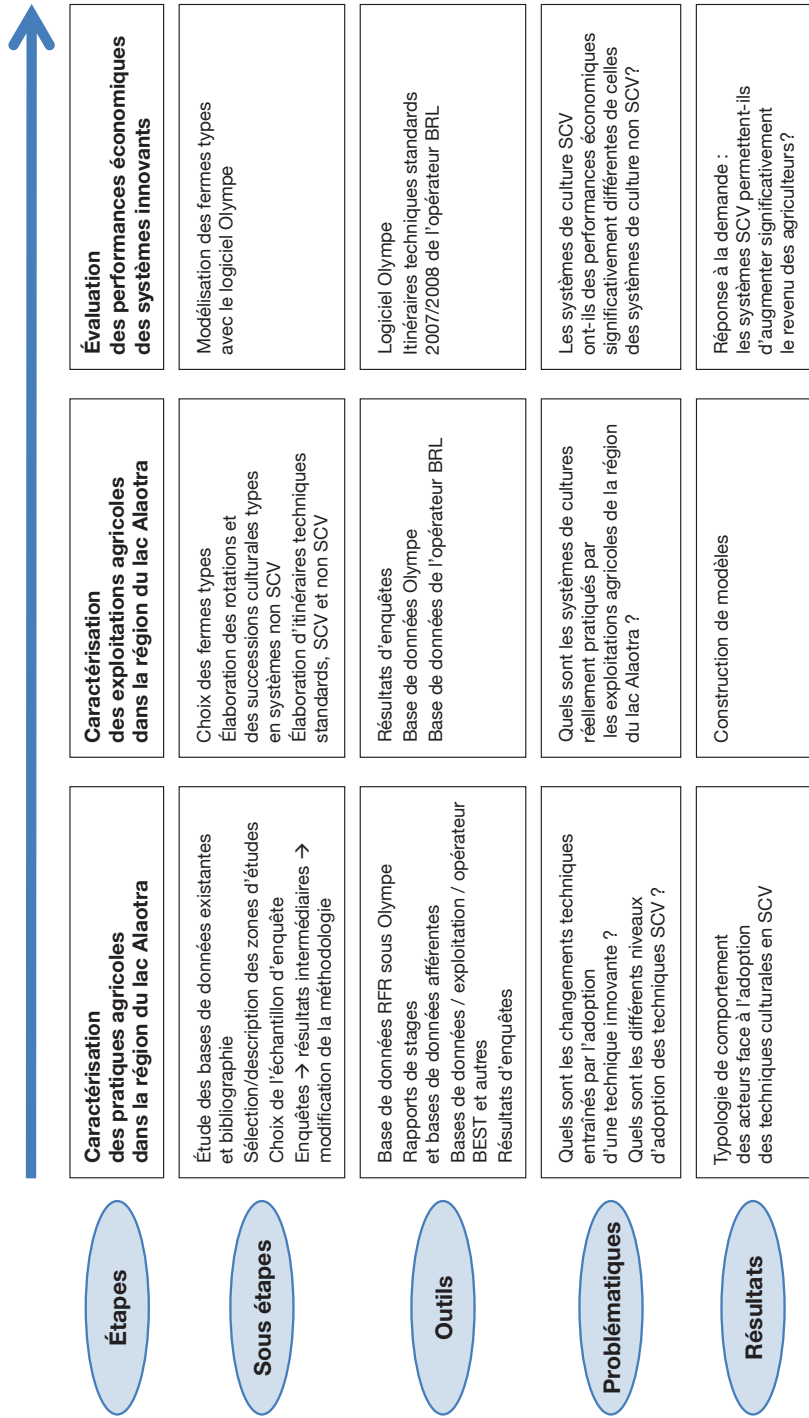
Les résultats montrent qu'au-delà d'un noyau limité, constitué de 600 paysans ayant adopté complètement les techniques de l'agriculture de conservation, un

grand nombre d'exploitants ont effectué une adoption partielle de techniques agro-écologiques et obtenu des résultats divers, et non encore réellement estimés. Si les techniques préconisées en agriculture de conservation sécurisent la production et semblent permettre un maintien de la fertilité, c'est encore l'intensification classique (avec une importante fertilisation par des engrais minéraux ou organiques) qui assure les meilleurs rendements, et donc les meilleurs revenus. La quantification apportée par la modélisation avec Olympe a permis de détailler les coûts et les marges des paysans, et donc de relativiser l'impact réel de l'adoption de l'agriculture de conservation sur les revenus d'une exploitation agricole utilisant de faibles niveaux d'intrants. L'impact est plus important sur la stabilité de la production à moyen terme. L'analyse prospective a aussi permis, en testant différentes innovations techniques possibles et leur impact sur les résultats économiques des exploitations, et en prenant en compte la variabilité existante entre exploitations, de faire évoluer la perception des techniciens du projet de développement sur les choix techniques qu'ils proposent. Ainsi, de nouvelles actions ont été proposées par le projet en matière d'expérimentation agronomique, de propositions techniques faites aux agriculteurs et de formation pour les agriculteurs. D'une certaine manière, les paysans ont été les premiers bénéficiaires de ces actions de modélisation, du fait de la prise en compte de leur réalité et de leurs contraintes, permettant ainsi une évolution de l'offre de vulgarisation. La figure 16.1 illustre cette démarche.

► Cikeda : un outil informatisé pour la co-conception de systèmes mixtes au Burkina Faso

Contexte et problématique dans l'Ouest du Burkina Faso

À l'image d'autres zones d'Afrique subsaharienne, l'Ouest du Burkina Faso a connu, ces trente dernières années, un accroissement démographique et un phénomène de sédentarisation des populations. L'augmentation de la défriche des parcours pour augmenter les surfaces cultivées, parallèlement à un accroissement des effectifs de cheptel bovin chez les pasteurs et les agriculteurs, a engendré des antagonismes entre ces deux catégories de producteurs. Dans le cadre d'une collaboration entre le Cirad et des partenaires burkinabé de recherche, l'un des enjeux de notre recherche et développement était de mettre au point, et d'expérimenter avec les producteurs, de nouveaux systèmes de production permettant de renforcer les complémentarités entre agriculture et élevage. Ces nouveaux systèmes incluent, par exemple, des innovations basées sur l'intégration des cultures fourragères ou sur une valorisation des résidus de culture. Il s'agissait par ailleurs de renouveler les démarches de co-conception de systèmes de production, et d'accompagnement des producteurs. Des outils de simulation du fonctionnement de l'exploitation ont été utilisés pour cela. Nous présentons l'un des outils conçus, Cikeda (signifiant « exploitation » en dioula), la façon dont il a permis aux paysans l'ayant utilisé d'évaluer *ex ante* différents scénarios de changement qu'ils avaient eux-mêmes définis, et l'effet de la démarche sur leurs connaissances et leurs pratiques.



SCV = système de culture avec une couverture végétale
RFR = réseau de fermes de référence, incluant 50 fermes représentatives des différentes situations de la région du lac
BRL (bureau d'étude Bas-Rhône Languedoc) et BEST (bureau d'expertise sociale et de diffusion technique) sont deux opérateurs techniques du projet BV-lac

Figure 16.1. Démarche méthodologique utilisant Olympe dans la région du lac Alaotra (Madagascar).

Caractéristiques et objectifs de l'outil Cikedà

Cikedà vise à renforcer les démarches de co-conception de systèmes de production dans le cadre d'une démarche participative impliquant le chercheur, le producteur et le technicien (du ministère de l'agriculture ou de l'élevage). Cet outil permet de calculer l'effet de différentes alternatives techniques et organisationnelles sur des flux de ressources (résidus, fumure organique, céréales) à l'échelle de l'exploitation, sous forme de bilans, fourrager, minéral ou céréalier, ainsi que sur le revenu (Andrieu *et al.*, 2012). Il a été élaboré à partir d'enquêtes sur le fonctionnement des exploitations, ainsi que des ateliers successifs d'échanges avec les producteurs entre 2008 et 2013, pour que ses entrées et ses sorties soient choisies ou que la spécificité des exploitations soit mieux prise en compte. Il a été utilisé pour permettre à des producteurs de comparer les performances de différents choix stratégiques et tactiques et, en particulier, celles de différents scénarios d'intégration de l'agriculture à l'élevage (Sempore *et al.*, 2016).

Mode d'utilisation de l'outil Cikedà

Cikedà a été utilisé par des techniciens ou des chercheurs pour appuyer la prise de décision de treize producteurs représentatifs des trois types d'exploitants (agriculteurs, éleveurs, agro-éleveurs²) rencontrés dans les villages de Koumbia et de Kourouma, situés dans l'Ouest du Burkina Faso. Différents scénarios interactifs, c'est-à-dire élaborés et discutés avec les producteurs, ont été simulés : un scénario 0, de référence, correspondant aux caractéristiques actuelles de chaque exploitation et à ses pratiques, et différents scénarios prospectifs où des changements stratégiques et tactiques ont été introduits par le producteur, en interaction avec un chercheur (Sempore *et al.*, 2015 ; 2016) ou un technicien (Andrieu *et al.*, 2012), en se basant sur les résultats obtenus dans les scénarios précédents. Les innovations évaluées étaient variées et en lien avec l'orientation stratégique de l'exploitation. Il s'agissait, par exemple, de la production de compost chez les agriculteurs et les agro-éleveurs, de l'introduction de cultures fourragères et de stockage de résidus de culture chez les agro-éleveurs et les éleveurs, ou de l'introduction d'un atelier d'embouche bovine chez ces mêmes producteurs. Des enquêtes ont ensuite été menées auprès des producteurs ayant utilisé Cikedà, pour évaluer leur perception sur l'outil, l'effet de la démarche sur leurs connaissances et leurs pratiques en matière d'intégration de l'agriculture à l'élevage.

Résultats produits grâce à Cikedà

L'utilisation de Cikedà a permis aux paysans d'évaluer de façon systémique et prospective différentes innovations pour leurs systèmes de culture et d'élevage, avant de les tester en vraie grandeur, et de sélectionner les options utiles et réalisables à court terme. La co-conception et la simulation des solutions, ou stratégies, alternatives

2. Un agriculteur peut avoir quelques animaux de trait ; dans le cas des agro-éleveurs, les effectifs animaux sont plus importants pour l'embouche.

ont conduit à une évolution rapide des pratiques de gestion en matière de fertilité des sols et d'alimentation des animaux chez les treize producteurs ayant testé la démarche entre 2009 et 2013 (six producteurs à Koumbia, sept à Kourouma). Ces changements ont été notamment favorisés par de meilleures connaissances et perceptions, de la part des producteurs, des flux de biomasse fourragère et de fumure entre les systèmes de cultures et ceux d'élevage, sur leurs fermes.

L'utilisation de l'outil pour évaluer différents scénarios pour la prochaine saison de culture, avec six producteurs entre 2011 et 2012, les a sensibilisés sur la nécessité de mieux planifier la gestion de la fumure organique et de l'alimentation du bétail par des fourrages. Ainsi, l'un des agro-éleveurs ayant testé l'outil a reconnu la nécessité de se préparer pour la campagne d'embouche, non pas, comme il avait l'habitude de le faire, une fois la saison de récolte terminée, mais avant qu'elle débute, pour décider de la taille de la sole fourragère et des stocks de résidus à réaliser. Les agriculteurs ont considéré que leurs connaissances sur la production d'engrais et sur la fertilisation des cultures avaient été améliorées, de même que leur capacité d'évaluation des quantités de résidus à récolter pour répondre aux besoins de leurs animaux de trait et limiter leur dépendance au tourteau de coton. L'aide à la réflexion apportée par la discussion autour des scénarios s'est traduite par des changements de pratiques, en particulier par une augmentation des stocks d'engrais organiques auto-produits par rapport aux pratiques initiales.

Ce cas d'étude montre l'intérêt de l'évaluation s'appuyant sur un outil informatisé, mise au service d'une démarche de co-conception, avec l'exploitant agricole, des systèmes de production, à l'aide de scénarios intégrant et comparant des innovations qui favorisent ou optimisent les relations entre l'agriculture et l'élevage. Cependant, une limite de la démarche réside dans le temps à consacrer à chaque exploitation, ce qui n'a pas permis d'envisager un transfert de l'outil Cikedà aux structures de conseil, même si les techniciens ont participé à sa conception et à son utilisation. Une réflexion doit être menée pour que ce type d'outil puisse servir à la formation des techniciens, pour les ouvrir à la complexité des exploitations et au nécessaire dialogue avec les exploitants agricoles, pour améliorer les systèmes de production.

► Les enseignements des deux études de cas

Avantages et limites des démarches et des outils de simulation

Les cas d'étude présentés illustrent deux démarches d'évaluation quantitative du fonctionnement des exploitations, mises en œuvre au Burkina Faso et à Madagascar pour accompagner des innovations agronomiques (agriculture de conservation et gestion des résidus de culture et des cultures fourragères pour l'alimentation des animaux et la production de fumure). Ces démarches mobilisant des logiciels informatiques renseignent de façon quantifiée sur les avantages et les inconvénients liés à l'adoption d'une innovation technique (agriculture de conservation) ou d'un ensemble de techniques et de modalités de gestion des différents ateliers de production (intégration de l'agriculture à l'élevage). Cette évaluation porte à la fois sur la

situation actuelle des exploitations (évaluation *ex post*) mais aussi, et c'est là la plus-value des démarches, sur des propositions de changement discutées avec les acteurs et sur leurs effets sur les performances de l'exploitation.

Dans les deux cas de figure, les outils utilisés s'appuient sur une connaissance fine du terrain et de la réalité des paysans. Le choix des variables et des processus simulés provient donc d'une vision partagée, avec les acteurs impliqués, de la situation et des problèmes agronomiques à traiter. Ces outils sont complexes, du fait d'une représentation systémique des différentes composantes de l'exploitation et, éventuellement, du ménage (notion de systèmes de production et d'activités). De fait, ils simulent des flux économiques (argent, travail) et, dans le cas de Cikedà, des flux de matière (biomasse, nutriments) entre les différents compartiments de l'exploitation. Ils proposent des bilans annuels, économiques (Olympe) ou agro-économiques (Cikedà), qui peuvent illustrer et comparer des impacts de changements techniques ou organisationnels à l'échelle de l'exploitation agricole. Dans Olympe, le temps est pris en compte à travers la réinjection des sorties de simulation pour une année *n*, dans les entrées du modèle pour l'année *n* + 1. Dans Cikedà, les changements sont simulés à l'échelle saisonnière (saison sèche et saison des pluies) et agrégés sur l'année. Les évolutions structurelles des exploitations (sur une période supérieure à 10 ans) ne sont pas simulées mais peuvent cependant être rentrées dans le modèle par l'utilisateur, si elles correspondent à un scénario souhaité. Ces modèles peinent néanmoins à analyser les processus de différenciation socio-économique entre exploitations.

De façon générale, l'utilisation de ces outils avec les praticiens (paysans et techniciens) dans le cadre de démarches de co-conception de l'innovation est complémentaire à l'expérimentation en milieu paysan. La modélisation permet de tester une grande diversité de scénarios d'introduction des innovations au sein de l'exploitation, tandis que l'expérimentation permet d'évaluer les performances des innovations les plus prometteuses.

Le caractère potentiellement normatif de ce type d'outils implique une approche prudente et contextualisée quant à leur utilisation. Les résultats des évaluations mobilisant des outils informatiques ne doivent pas être pris en valeur absolue, mais comme une base de discussion avec les acteurs pour évaluer l'adoption d'innovations en *ex post* ou en *ex ante*, ou pour évaluer les changements de trajectoire des exploitations.

Appropriation de ces outils de simulation par les acteurs

Les outils ont été principalement conçus pour tester de nouveaux systèmes de production et accompagner les agriculteurs. Mais ils ont aussi été utilisés pour la formation des techniciens et des ingénieurs des projets ou pour celle des étudiants. Ainsi, dans le cas de Cikedà, l'outil a servi à animer des travaux avec les étudiants de l'université burkinabé de Bobo-Dioulasso. Dans le cas d'Olympe, il a permis de former l'équipe du projet BV-Lac et les étudiants d'universités locales ou françaises associées au projet.

Pour autant, ces outils n'ont pas été repris par les partenaires du développement (organisations non gouvernementales, organisation de producteurs, etc.) quand l'appui de la recherche s'est arrêté. Cikedà a été testé avec des techniciens des

ministères de l'agriculture et de l'élevage, mais la recherche s'est focalisée essentiellement sur les changements de connaissances et de pratiques permis par l'outil dans une démarche de co-conception de l'innovation, et peu sur les conditions d'utilisation de l'outil au sein des structures de conseil. Olympe a été utilisé, avec l'appui de la recherche, dans le cadre d'un autre projet (BVPI-SEHP³) à Madagascar entre 2006 et 2013, en s'appuyant sur quatre réseaux de fermes de référence, mais les activités se sont arrêtées après la clôture des projets, en partie à cause de la faiblesse des organisations de conseil dans le contexte malgache.

Il existe cependant une réelle difficulté pour les organisations de conseil des pays du Sud à se saisir de ces outils complexes, pour accompagner les agriculteurs dans le cadre d'un conseil de groupe (courant en Afrique) ou d'un suivi individuel des exploitations (courant en Europe, aux États-Unis ou en Australie). Pour Olympe, une expérimentation a cependant montré que l'utilisation pour un conseil individuel est plus aisée et pertinente pour les grandes exploitations, alors que les outils n'ont pas été créés spécialement pour ce type d'exploitation. Cikeda n'a pas été testé avec des groupes d'agriculteurs. Mais, au-delà de cette distinction entre conseil individuel et conseil de groupe, les deux expériences n'ont pas cherché à évaluer les coûts pour la structure de conseil, liés à l'usage des outils, en matière de formation des techniciens, d'acquisition d'équipements informatiques ou de nouvelle organisation du travail des conseillers.

Au final, deux options sont possibles par rapport à l'appropriation des outils au-delà de la recherche. Soit on considère que la structure et l'usage des outils sont situés. Ils dépendent du contexte dans lequel ils sont construits, de la nature des innovations évaluées, mais également des compétences des concepteurs, et dans ce cas l'outil est amené à disparaître une fois les objectifs spécifiques atteints. C'est le cas dans nos deux exemples, car il apparaît que les outils ont été conçus prioritairement pour répondre à une question spécifique de recherche ou d'un projet. Soit on considère que l'outil peut avoir un intérêt, au-delà des questions spécifiques posées par le chercheur ou le projet, notamment pour des organisations de conseil ou des observatoires régionaux, et alors il faut revoir la conception des outils. Une plus grande participation des acteurs du développement est nécessaire au moment de la conception des outils, pour que ceux-ci soient, d'une part, plus adaptés aux besoins des acteurs et, d'autre part, puissent être éventuellement appropriés par ces acteurs, en s'inscrivant dans le fonctionnement des organisations qui sont censées les utiliser.

► Conclusion : l'apport de la simulation dans l'évaluation des processus d'innovation

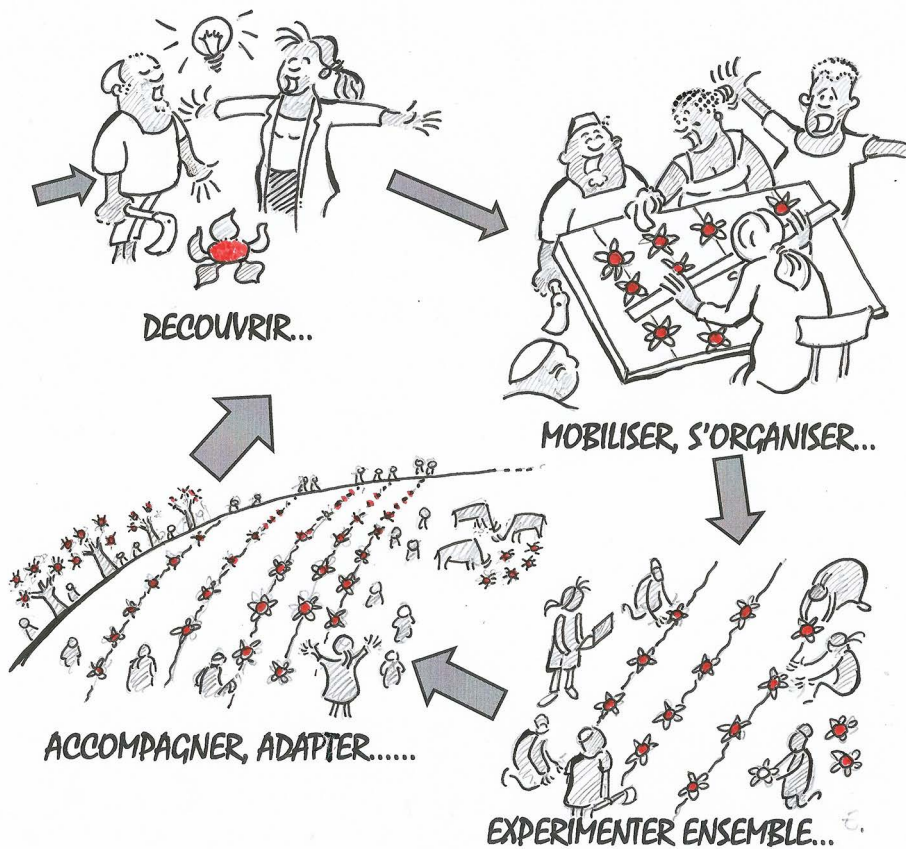
Ce chapitre présente à travers deux études de cas comment l'utilisation d'outils de simulation peut contribuer efficacement à la co-conception et l'évaluation des innovations dans les exploitations agricoles. À Madagascar, l'utilisation d'Olympe a permis à travers une analyse *ex post* de relativiser l'impact réel de l'adoption d'une innovation comme l'agriculture de conservation, notamment au niveau des revenus de

3. Bassins versants et périmètres irrigués dans le Sud-Est et sur les hauts plateaux.

l'exploitation agricole. Elle a également permis par une analyse *ex ante* de montrer son intérêt à moyen et long termes sur la stabilité des revenus. Au Burkina Faso, l'utilisation de Cikeda a permis d'analyser *ex post* les performances des exploitations existantes et *ex ante* de nouvelles modalités d'intégration de l'agriculture et de l'élevage et de tester l'intérêt de l'outil dans une démarche d'accompagnement de ces innovations auprès de paysans. Nous voulons cependant signaler que les évaluations par simulation mériteraient d'être couplées avec des méthodes d'évaluation qualitative des trajectoires d'exploitation afin de mieux prendre en compte les interactions entre les exploitations et leur environnement. Il semble aussi important de mieux analyser les conditions de conception et d'utilisation de ces outils par les organismes de conseil, afin d'améliorer le conseil en prenant en compte la complexité de l'exploitation.

► Références bibliographiques

- Andrieu N., Descheemaeker K., Sanou T., Chia E., 2015. Effects of technical interventions on flexibility of farming systems in Burkina Faso: Lessons for the design of innovations in West Africa. *Agricultural Systems*, 136, 125-137.
- Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.-Y., Rueff M., Schaller N., Sempore A., 2012. Validating a whole farm modelling with stakeholders: Evidence from a West African case. *Journal of Agricultural Science*, 4, 159-173.
- Barreteau O., Antona M., D'Aquino P., Aubert S., Boissau S., Bousquet F., Daré W., Etienne M., Le Page C., Mathevet R., Trébuil G., Weber J., 2003. Our companion modelling approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(1), <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/1.html>> (consulté le 19 mars 2018).
- Cialdella N., Dobremez L., Madelrieux S., 2009. Livestock farming systems in urban mountain regions: differentiated paths to remain in time. *Outlook on Agriculture*, 38(2), 127-135.
- Duru M., Felten, B., Theau J.-P., Martin G., 2012. A modelling and participatory approach for enhancing learning about adaptation of grassland-based livestock systems to climate change. *Regional Environmental Change*, 12, 739-750.
- Le Gal P.-Y., Dugué P., Faure G., Novak S., 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agricultural Systems*, 104, 714-728.
- López-Ridaura S., Masera O., Astier M., 2002. Evaluating the sustainability of complex socioenvironmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2(1), 135-148.
- Penot E., 2012. *Exploitations agricoles, stratégies paysannes et politiques publiques. Les apports du modèle Olympe*, Éditions Quæ, Versailles, 350 p.
- Penot E., Domas R., Fabre J., Poletti S., Macdowall C., Dugué P., Le Gal P.-Y., 2015. Le technicien propose, le paysan dispose. Le cas de l'adoption des systèmes de culture sous couverture végétale au lac Alaotra, Madagascar. *Cahiers Agriculture*, 24, 84-92, <http://agritrop.cirad.fr/575868/1/document_575868.pdf> (consulté le 19 mars 2018).
- Sempore A.W., Andrieu N., Le Gal P.-Y., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2016. Supporting better crop-livestock integration on small-scale West African farms: a simulation based approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(1), 3-23.
- Sempore A.W., Andrieu N., Nacro H.B., Sedogo M.P., Le Gal P.-Y., 2015. Relevancy and role of whole-farm models in supporting smallholder farmers in planning their agricultural season. *Environmental Modelling & Software*, 68, 147-155.
- van Ittersum M.K., Ewert F., Heckeles T., Wery J., Olsson J.A., Andersen E., Bezlepkina I., Brouwer F., Donatelli M., Flichman G., Olsson L., Rizzoli A.E., van der Wal T., Wien J.E., Wolf J., 2008. Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems*, 96, 150-165.



Spirale de l'innovation © Eric Vall